

УДК 66972

**Г. Д. Кореннов<sup>1</sup>, Д. С. Култышева<sup>1</sup>, О. В. Селиванова<sup>1\*</sup>,  
А. Н. Морозова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

<sup>2</sup>Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

\*sov23@mail.ru

## ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗЛОМОВ ОБРАЗЦОВ СТАЛИ 20Х3 ПОСЛЕ ИСПЫТАНИЙ НА РАСТЯЖЕНИЕ

В работе исследованы образцы стали 20Х3 после закалки и отпуска по различным режимам. С помощью макроанализа и растровой электронной микроскопии изучены особенности рельефа поверхности разрушения образцов после растяжения.

*Ключевые слова:* сталь, закалка, отпуск, излом, радиальные трещины, волокнистая зона, губы среза, хрупкое разрушение.

**G. D. Korennov, D. S. Kultysheva, O. V. Selivanova,  
A. N. Morozova**

## FRACTURE ANALYSIS OF 20 H3 STEEL SAMPLES AFTER TENSILE TESTS

Samples of 20X3 steel after quenching and tempering under different regimes were studied. By means of macro analysis and scanning electron microscopy the features of the fracture surface relief of samples after tensile tests were studied.

*Key words:* steel, quenching, tempering, fracture, radial cracks, fibrous zone, shear lip, brittle fracture.

**Д**етали современных машин и конструкций обычно работают в условиях высоких динамических нагрузок, низких и высоких температур и больших концентраций напряжений. Все это способствует хрупкому разрушению и снижает надежность работы машин и ме-

ханизмов. Поэтому конструкционные стали помимо высоких механических свойств, которые определяются при стандартных испытаниях, должны обладать высокой конструктивной прочностью. Для повышения конструктивной прочности сталей чаще всего применяют закалку и отпуск, при назначении режимов которого необходимо учитывать интервалы проявления отпускной хрупкости [1].

В работе изучены образцы из стали 20Х3 после закалки от 900 °С и отпуска в интервале температур 250...650 °С с различным временем выдержки, с последующим охлаждением в воде или на воздухе (рис. 1).

В зависимости от параметров отпуска на поверхности разрушения образцов исследуемой стали после растяжения наблюдается три области: в центре образца, характеризующиеся вязким разрушением — волокнистая зона ( $L_v$ ), участок хрупкого излома — радиальная зона ( $L_r$ ), губы среза ( $\lambda$ ) (рис. 1).

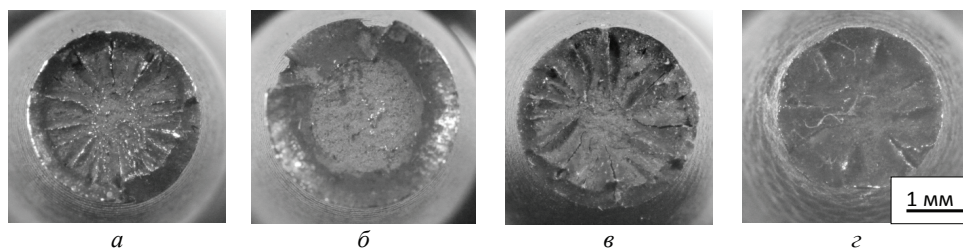


Рис. 1. Излом цилиндрических образцов на растяжение стали 20Х3:

$a - t_{\text{отп}} = 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 1 \text{ час}$ , воздух;  $b - t_{\text{отп}} = 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 1 \text{ час}$ , вода;  
 $v - t_{\text{отп}} = 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 3 \text{ часа}$ , воздух;  $z - t_{\text{отп}} = 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 1 \text{ час}$ , воздух

Исследование поверхности излома образцов показало, что вид поверхности излома существенно не отличается после отпуска при 250, 450, 650 °С и охлаждении на воздухе. Для этих обработок характерно наличие радиальной зоны размером 1,3...1,6 мм. После ускоренного охлаждения в воде с температуры отпуска 450 °С радиальная зоны существенно уменьшается и составляет порядка 0,3 мм.

Изучение особенностей микрорельефа каждой зоны с помощью растровой электронной микроскопии показало, что в зоне  $L_v$  присутствуют глубокие очаговые (вторичные) трещины вытянутой или неправильной формы, расположенные перпендикулярно к поверхности излома, крупные округлые ямки, отражающие разрушения по границам исходных аустенитных зерен, цепочки мелких ямок (рис. 2, а), расположен-

ные на светлых гребнях. Наблюдаются также относительно крупные и глубокие ямки равноосной формы, диаметром порядка 5 мкм с частицами вторых фаз на дне. Наблюдаются элементы хрупкого разрушения — фасетки [2].

Для радиальной зоны характерны микрообласти как хрупкого, так и вязкого разрушения (рис. 2, б). Также в радиальной зоне обнаруживаются элементы вязкого излома, для которого характерно наличие участков с развитым микрорельефом (ямками и гребнями), возникшего при слиянии микропор и пустот. Отчетливо видны такие элементы рельефа, как гребни отрыва и ручьистый узор. Однако помимо плоскостей скола (фасеток скола) можно идентифицировать и другие детали, типичные для скола.

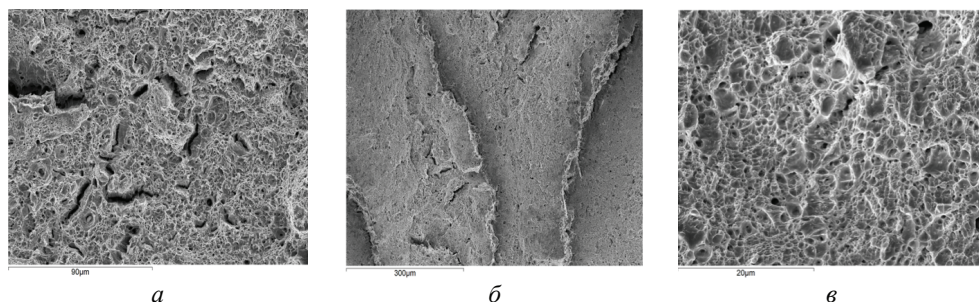


Рис. 2. Микрорельеф различных зон:  
а — волокнистая; б — радиальная; в — губы среза

Микрорельеф зоны  $\lambda$  состоит из равноосных ямок размером (1...2 мкм), которые находятся в контакте и формируют сравнительно однородную поверхность разрушения (рис. 2, в). В ней, в отличие от зоны  $L_v$ , отсутствуют элементы хрупкого разрушения. Это делает рельеф зоны  $\lambda$  более однородным, чем рельеф зоны  $L_v$ .

### Литература

1. Лахтин М. Ю. Металловедение и термическая обработка металлов: учебник. М. : Металлургия, 1983. 359 с.
2. Фрактография и атлас фрактограмм: справ. изд. / под ред. Феллоуза Дж. М. : Металлургия, 1982. 489 с.